

Toni Öhman

# Typenkiertoyksikön hankintakustannusten vähentäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

12.11.2017

Tekijä Otsikko	Toni Öhman Typenkiertoyksikön hankintakustannusten vähentäminen
Sivumäärä Aika	32 sivua + 1 liite 12.11.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Konetekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotesuunnittelu
Ohjaajat	Yliopettaja Jyrki Kullaa Suunnittelupäällikkö Pekka Kurkinen Ostopäällikkö Mikko Ritakorpi
<p>Tässä insinöörityössä selvitettiin vaihtoehtoja Maillefer Extrusion Oy:n typenkiertoyksikön hankintakustannusten vähentämiseksi. Typenkiertoyksikkö, eli NCS-yksikkö, jäähdyttää vulkanointilinjassa kaapelin pintaa.</p> <p>Työssä esitellään aluksi vulkanointiprosessia kaapelinvalmistuslinjassa ja tyypijäähdytyksen vaikutusta johtimen pinnalla oleviin muovieristeisiin. Sitten esitetään NCS-yksikön toiminta ja miten se liittyy tähän prosessiin. Sen jälkeen esitetään NCS-yksikön hankintastrategian historiaa ja lopulta vaihtoehtoja hankintakustannusten vähentämiseksi.</p> <p>Työssä arvioitiin eri vaihtoehtoja NCS-yksikön hankintastrategian muuttamiseksi. Uusia hankintastrategioita verrattiin nykyiseen hankintatilanteeseen ja arvioitiin toimintatavan toteutuvuutta. Työssä huomioitiin PED-direktiivin vaikutus kustannuksiin.</p> <p>Työssä laskettiin uuden toimintatavan vaikutusta NCS-yksikön nykyiseen kustannusrakenteeseen arvioimalla kuluja suhteellisella jakautumisella. Laskelmista saatuja tuloksia analysoitiin. Tuloksena saatiin arvioitu kustannussäästö.</p>	
Avainsanat	Vulkanointi, kaapelinvalmistus, tyypijäähdytys, hankintastrategia, paineastia, PED-direktiivi, kustannus

Author Title	Toni Öhman Reducing Purchasing Costs of Nitrogen Circulation -Unit
Number of Pages Date	32 pages + 1 appendix 12 November 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Product Design
Instructors	Jyrki Kullaa, Principal Lecturer Pekka Kurkinen, Engineering Manager Mikko Ritakorpi, Purchasing Manager
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to examine options for reducing the purchasing costs of Maillefer Extrusion Oy's Nitrogen Circulation System -unit. A NCS-unit cools down the surface of the cable in a vulcanizing line.</p> <p>Firstly, the vulcanizing process of a cable manufacturing line is introduced and the effects of nitrogen cooling on the insulation layers of the cable are described. Secondly, the function of the NCS-unit is introduced and how it is associated with this process. In addition, the history of the purchasing strategy of the NCS-unit is presented and the options for reducing the unit's manufacturing costs are examined.</p> <p>Different options for changing the purchasing strategy of the NCS-unit were estimated. New purchasing strategies were compared to the present strategy and the feasibility of the procedure was estimated. The effect of the PED-directive for manufacturing costs was observed as well.</p> <p>Calculations of the new procedure's effects on the NCS-unit's present cost structure were introduced by estimating costs in relative distribution. The calculation results were then analyzed. As a result, the cost savings in the NCS-unit's purchasing process were estimated.</p>	
Keywords	Vulcanizing, cable manufacturing, nitrogen cooling, purchasing strategy, pressure vessel, PED-directive, cost

## Sisällys

Lyhenteet

Symbolit

1	Johdanto	1
1.1	Yrityksen esittely	1
1.2	Työn taustaa	2
1.3	Tutkittava aihe ja sen rajaaminen	3
1.4	Työn tavoitteet	3
2	Vulkanointiprosessi	4
2.1	Johdin	4
2.2	Kaapelit	5
2.3	Vulkanointimenetelmät	7
2.4	Vulkanointilinja	8
3	Kaapelin lämmittämisen keinot	9
3.1	Lämmön siirtyminen kaapeliin	9
3.2	Konvektio	10
3.2.1	Pakotettu konvektio	10
3.2.2	Vapaa konvektio	11
4	Typpenkiertojärjestelmän toiminta	12
4.1	Jäähdytysputkisto	12
4.2	NCS-yksikkö	13
5	Alkuperäinen hankintastrategia	15
5.1	Kokonaistoimitus	15
5.2	Osien valmistus ja hankinta	16
5.3	Kokonaiskustannusten jakautuminen	17

6	Hankintastrategia nykytilanteessa	19
6.1	Hajautettu toimitus	19
6.2	Hankintakustannusten suhteellinen jakautuminen	20
6.2.1	Kaupalliset ja räätälöidyt osat	21
6.2.2	Valmistettavat osat	22
6.2.3	Työ	22
7	Hankintakustannusten vähentäminen	23
7.1	Reunaehdot	23
7.1.1	Määräykset	24
7.1.2	Valmistukselle ja kokoonpanolle asetetut vaatimukset	24
7.2	Vaihtoehtoja	24
7.2.1	Tuotannonsiirto	24
7.2.2	Tuotannon hajauttaminen	25
7.2.3	Kokoonpanon osien haltuun ottaminen	26
8	Uusi hankintastrategia	29
9	Yhteenveto	31
	Lähteet	32
Liite	Esimerkkikuva vulkanointilinjasta	

## Lyhenteet

CCV	<i>Catenary Continuous Vulcanization.</i> Ketjuvulkanointi
CR	<i>Polychloroprene.</i> Polykloropreeni.
EHT	<i>Entry Heat Treatment.</i> Esilämmityskierto.
EPDM	<i>Ethylene Propylene Diene Monomer.</i> Eteenipropeenin dimonomeeri.
EPR	<i>Ethylene Propylene Rubber.</i> Eteenipropeenimuovi.
HV	<i>High Voltage.</i> Suurjännitekaapelit.
LDPE	<i>Low Density Polyethylene.</i> Polyeteeni.
MQ	<i>Silicone Rubber.</i> Silikonimuovi.
MV	<i>Medium Voltage.</i> Keskijännitekaapelit.
NCS	<i>Nitrogen Circulation System.</i> Typenkiertojärjestelmä.
NR	<i>Natural Rubber.</i> Luonnonmuovi.
PED	<i>Pressure Equipment Directive.</i> Paineastiadirektiivi.
PVC	<i>Polyvinylchloride.</i> Polyvinyylikloridi.
VCV	<i>Vertical Continuous Vulcanization.</i> Pystyvulkanointi.
XLPE	<i>Crosslinked Polyethylene.</i> Ristisilloittuva polyeteenieriste.

## Symbolit

$R_e$  = Reynoldsin luku

$V_g$  = kaasun virtausnopeus vulkanointiputkessa (m/s)

$\rho_g$  = kaasun tiheys ( $\text{m}^3$ )

$\eta_g$  = väliaineen viskositeetti ( $\text{Ns/m}^2$ )

$r_1$  = kaapelin säde (m)

$r_2$  = vulkanointiputken sisäsäde (m)

# 1 Johdanto

## 1.1 Yrityksen esittely

Maillefer Extrusion Oy on maailman johtava kaapelikoneita valmistava yritys, joka hiljattain siirtyi yhdysvaltalaisen Davis-Standardin omistukseen. Konsernin pääkonttori sijaitsee Yhdysvalloissa New Yorkissa, mutta Maillefer Extrusion Oy:n pääkonttori sijaitsee Suomessa Vantaalla. Yrityksellä on valmistusta Yhdysvaltojen ja Suomen lisäksi Sveitsin Ecublensissä, Kiinan Suzhoussa ja Saksan Düsseldorfissa. Lisäksi yrityksellä on edellä mainittujen maiden lisäksi toimipisteitä Ranskassa, Venäjällä, Brasiliassa, Intiassa, Malesiassa ja Hong Kongissa. [8.]

Maillefer -niminen yritys perustettiin vuonna 1900, ja kaapelikoneiden valmistus alkoi Sveitsissä vuonna 1925. Nokian Kaapelikoneet perustettiin vuonna 1967 ja se osti Mailleferin vuonna 1987. Tämän kombinaation uudeksi nimeksi tuli Nokia-Maillefer, ja myöhemmin nimi muutettiin Nextromiksi. Nextromin energiakaapelikoneita ja -linjoja valmistava osasto erkaantui omaksi yritykseksi vuonna 2001, ja silloin nimi muutettiin nykyiseen muotoon Maillefer Extrusion Oy. [4.]

Maillefer Extrusion Oy valmistaa ja myy kaapelinvalmistuslinjoja ja yksittäisiä laitteita kaapelinvalmistuslinjoja varten. Lisäksi yritys tarjoaa näihin linjoihin liittyvät huolto-, käyttöönotto- sekä asennuspalvelut. Maillefer Extrusion Oy:n ja Davis-Standardin yhdistyessä konsernilla on maailmanlaajuisesti noin 1150 työntekijää 14 eri valtiossa. Vantaan toimipisteellä ei ole linjalaitteiden kokoonpanoa ja valmistusta vaan ne on siirretty alihankkijoille useampiin eri yrityksiin. Vantaan toimipisteellä suoritetaan lähinnä suunnittelu-, asiantuntija- ja myyntitehtävät. [4; 8.]



## 1.2 Työn taustaa

Maillefer Extrusion Oy:n suurjännitekaapelin vulkanointilinjassa puristetaan kaapelin pinnalle yksi tai useampi kerros muovia, yleisesti kolme kerrosta. Kuumen muovieristeen jäähdyttämiseen käytetään vettä tai typpeä, koska tavoitteena on saada eriste jäähtymään mahdollisimman nopeasti. Aluksi muovieriste vulkanoidaan lämmitysvyöhykkeissä ja sen jälkeen jäähdytetään yhdessä tai kahdessa vaiheessa jäähdytysmenetelmästä riippuen. Eristetty suurjännitekaapelin pinta jäähdytetään ennen vulkanointia, ns. ketjumallisessa vulkanointilinjassa (CCV), käyttämällä Entry Heat Treatment (EHT) -kaasunkiertoa, joka kutistaa kaapelin pintaa tekemällä kaapelista poikkipinnasta pyöreän. Seuraavaksi kaapeli etenee lämmityspotken läpi, missä se silloittuu (tai vulkanoituu). Lämmitysvyöhykkeiden jälkeen kaapeli etenee neutraalipotken läpi, jossa kaapelin pintaa jäähdytetään NCS-yksikön kierrättämällä kylmällä typpikaasulla. Neutraalivyöhykkeen jälkeen kaapeli jäähdytetään käyttäen vesi- tai typpijäähdytystä riippuen linjasta. Keski-jännitekaapelit (MV) jäähdytetään yleisesti käyttämällä vettä ja suurjännitekaapelit (HV) tyypellä. [9.]

Alun perin typenkiertojärjestelmä oli pelkästään putkisto, jossa typpeä kuljetettiin puhaltimen avulla. Myöhemmin puhaltimen ympärille vakiinnutettiin oma typenkiertoyksikkö (NCS-yksikkö), joka typenkiertoputkiston sekä sivutuotteiden poistosityklonin lisäksi sisältyy typenkiertojärjestelmään. NCS-yksikkö koostuu kaasukiertopuhaltimesta, levylämmönvaihtimesta, ilmastointipuhaltimesta, kolmesta sivutuotteiden poistoputkesta, sekä erilaisista venttiileistä ja mittalaitteista. Typenkiertoputkisto on nimensä mukaisesti putkisto, jota pitkin jäähdytetty typpi kuljetetaan NCS-yksiköstä kaapelilinjastoon ja takaisin. Kierron aikana typen mukana kulkeutuu myös vulkanointiprosessissa muodostuvia sivutuotteita, joiden poistoon suunniteltiin erillinen poistositykloni. NCS-yksiköstä sivutuotteet kuljetetaan poistoputkien avulla erilliseen kerääjätankkiin. [9.]

### 1.3 Tutkittava aihe ja sen rajaaminen

Insinööriyön tutkimuksen kohteena olivat NCS-yksikön hankintakustannusten vähentämiskeinot. Koneikon rakenne- ja valmistettaviin osiin ei tehty muutoksia. Paineastiadiirektiivinä käytettiin Euroopan PED-direktiiviä.

### 1.4 Työn tavoitteet

Insinööriyön tavoitteena oli tehostaa NCS-yksikön hankintakaarta ja sen myötä vähentää kustannuksia. Tavoitteisiin pyrittiin tutkimalla tämänhetkistä hankintaketjua ja lopulta keräämällä havaintoja koneikon kustannuksien vähentämismahdollisuuksista. Tämän tutkimuksen avulla pystytään vertaamaan alkuperäisten ja lopullisten kustannusten eroja ja mahdollisesti vähentämään NCS-yksikön hankintakustannuksia. Kustannuksien määrittämiseen ei käytetty todellisia summia, vaan ne on muutettu suhteellisiksi prosenttiyksiköiksi, joita käytetään kustannusten vertaamisessa. Myöskään alihankkijoiden ja yritysten nimiä ei käytetty, pois lukien Maillefer Extrusion Oy, vaan ne on nimetty valmistettavan tuotteen tai erikoistumisen mukaan, esimerkiksi tässä insinööriyössä usein käytettävä nimitys paineastiayritys.

## 2 Vulkanointiprosessi

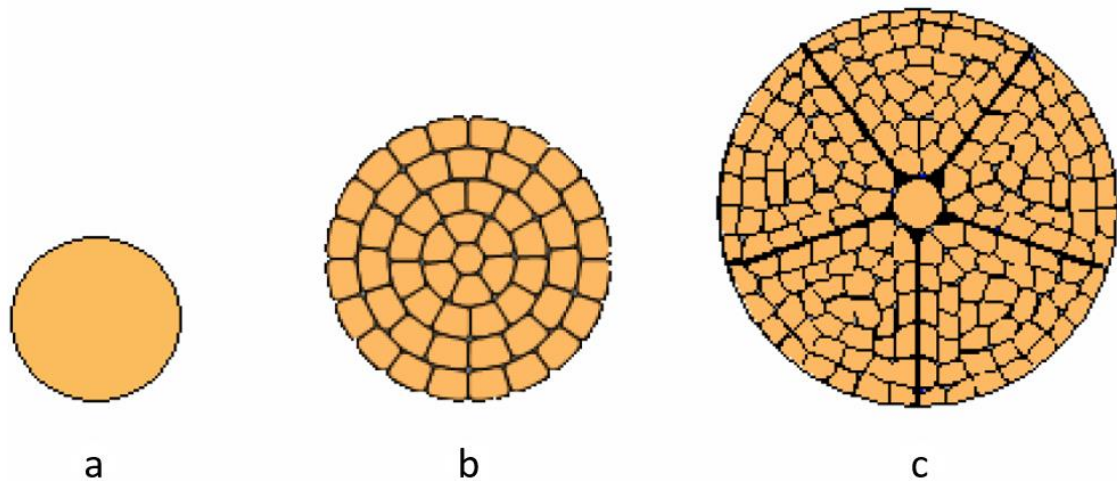
Voimakkaapelit eristetään päällystämällä johdin yhdellä tai kolmella kerroksella LDPE- tai XLPE-muovia. Eristekerrokset puristetaan johtimen päälle puristimien ja puristinpään avulla, joka plastisoi ja homogeenoi materiaalin ennen puristusta johtimen päälle. [3, s. 3.]

### 2.1 Johdin

Kuparia ja alumiinia käytetään yleensä johdinmateriaalina suurjännitekaapeleissa. Kupari on sähkönjohtavuusomaisuudeltaan alumiinia parempi vaihtoehto, koska sillä pienennetään johtimen kokoa ja resistanssia. Kuparin korroosionkesto on myös parempi kuin alumiinin. Alumiini on kuitenkin kuparia halvempaa sekä kevyempää, minkä vuoksi sen käyttö johdinmateriaalin on yleistynyt. [2, s. 3.]

Johdin tehdään joko yhdestä tai kerrattuna useammasta kupari- tai alumiinilangasta. Yksilankaista johdinta kutsutaan solidijohtimeksi (kuva 1 a). Solidijohtimen valmistus on yksinkertaista, mutta suurempia johtimen poikkipinta-aloja käytettäessä valmistus on vaikeampaa ja johtimesta tulee suhteellisen jäykkä. Pienempiä solidijohtimia käytetään muun muassa vesistökaapeleissa vesitiiveyden vuoksi. [2, s. 3.]

Langat voidaan tiivistää valssaamalla, millä parannetaan johtimen tilankäyttöä (kuva 1 b). Johtimen koosta puhuttaessa ei tarkoiteta sen geometrista, vaan sähköistä poikkipinta-alaa. Suuremmat johdinpoikkipinta-alat valmistetaan sektorinmuotoisista lohkoista, jotka on eristetty toisistaan (kuva 1 c). Tätä menetelmää kutsutaan ns. Milliken-tekniikaksi, jossa vaihtovirrasta aiheutuva virranahto pienenee johtimessa johtaen virran jakautumiseen johtimen poikkipinnalle tasaisemmin, mikä pienentää vaihtovirtaresistanssia samalla parantaen kaapelin kuormitettavuutta. [2, s. 3.]



Kuva 1. Johtimien rakenteet: a) Yksilankainen solidijohdin b) Useammasta langasta kerrattu ja valssaamalla tiivistetty johdin c) Sektorirakenteinen Milliken-johdin. [6, s. 6.]

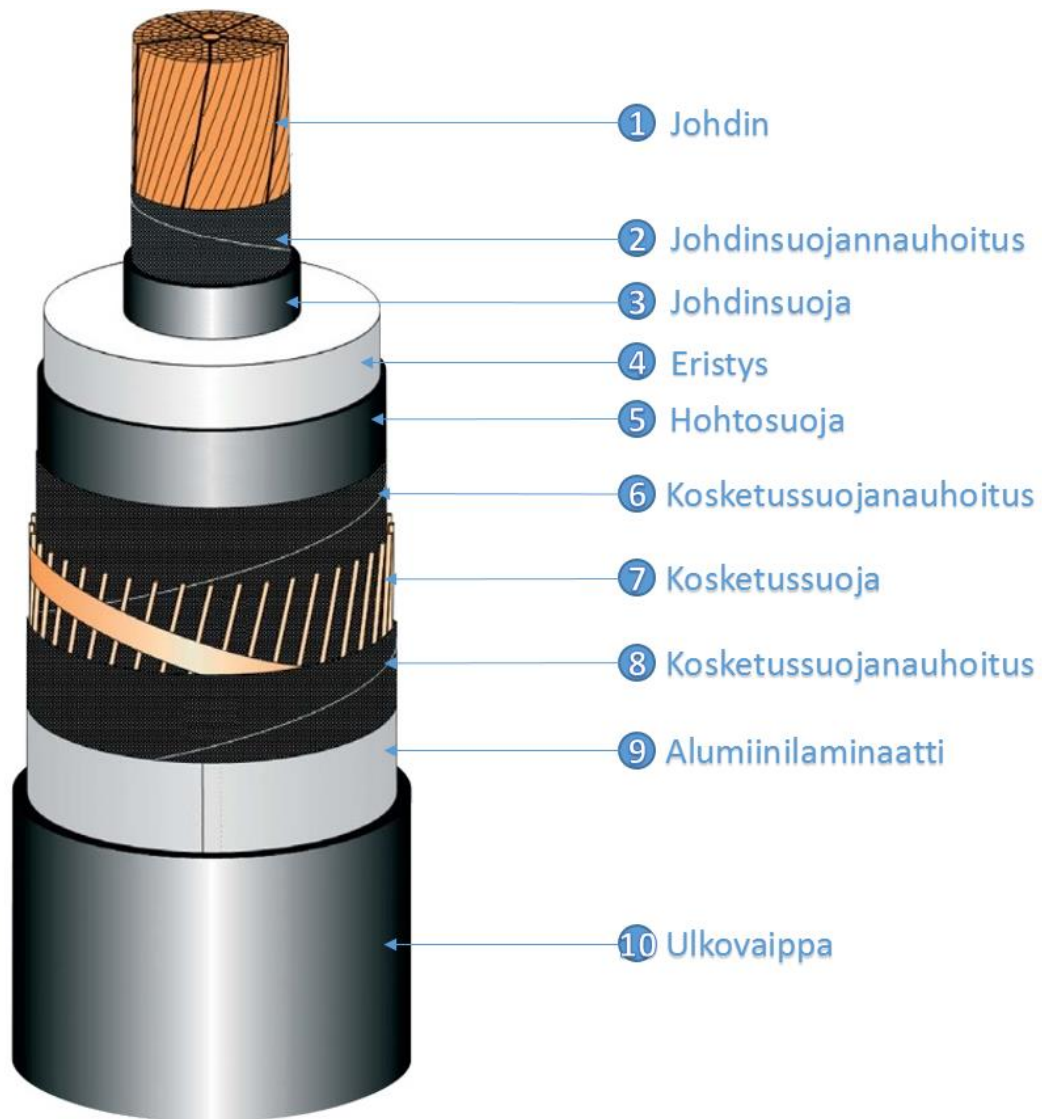
## 2.2 Kaapelit

Keski- ja suurjännitekaapeleissa muovieristekerroksia puristetaan johtimen pinnalle yleensä samanaikaisesti kolme kerrosta:

- puolijohtava johdinsuoja, joka pienentää sähkökentän voimakkuutta johtimen läheisyydessä ja suojaa eristettä termisesti, sekä estää osittaispurkauksia
- ristosilloittuva polyeteenieriste (XLPE)
- puolijohtava hohtosuoja, jonka tehtävä on samantapainen kuin johdinsuojan. [3, s. 4.]

Eistemateriaaleja on erilaisia. Keski- ja suurjännitekaapeleissa käytetään polyeteenia (LDPE) ja pienjännitekaapeleissa polyvinyylikloridia (PVC) sekä XLPE-kopolymeereja. Yleisimpiä eristemuovilaatuja ovat muun muassa luonnonmuovi (NR), polykloropreeni (CR), silikonimuovi (MQ), sekä eteenipropreenimuovi (EPDM, EPR). [3, s. 4.]

Vulkanointiprosessin jälkeen kaapelin pintaan lisätään kosketussuojapinnoite, joka on esimerkiksi kerros kuparilankoja ja kuparinauhasidos. Lopulta kaapelin pinta vaipataan. Kuvassa 2 esitetään suurjännitekaapelin tyypillistä rakennetta. [3, s. 4.]



Kuva 2. Tyypillinen suurjännitekaapelin rakenne [lähdettä 5, s. 6 mukaillen].

Puolijohtavaa *johdinsuojannauhoitusta* (2) käytetään suurilla johdinpoikkipinnoilla estämään johdinsuojamuovin tunkeutumista johtimen pintalankojenväliin. *Johdinsuojan* (3) tarkoitus on pienentää kentänvoimakkuushuippuja sekä tasoittaa johtimen ulkopinta. *Eristyksen* (4) avulla johdin eristetään maapotentiaalista sekä toisista johtimista ja sen ulkopinta tasataan *hohtosuojalla* (5), joka pitää johtimen sähkökentän kahden sylinteripinnan välissä. Kaapelin käytönaikaiset vika- ja varausvirrat maadoitetaan *kosketussuojalla* (7), jonka tasoitukseen käytetään *kosketussuojannauhoitusta* (6, 8). *Alumiinilaminaatin* (9) tarkoituksena on muodostaa kaapelille vesitiivis kerros. Materiaalina voidaan käyttää myös kuparia ja lyijyä. Laminaatin erottaa sähköisestä maapotentiaalista *ulkovaippa* (10), joka myös suojaa kaapelia mekaanisilta rasituksilta käytön sekä asennuksen aikana. [2, s. 4 - 6.]

## 2.3 Vulkanointimenetelmät

Vulkanoinnin ja silloituksen prosessinimeä voidaan kutsua vain vulkanoinniksi, koska menetelmien erottelu tapahtuu vasta varsinaisesta reaktiosta puhuttaessa. Vulkanointimenetelmät jaetaan fysikaalisiin ja kemiallisiin menetelmiin. Kemialliset menetelmät ovat huomattavasti yleisempiä. Fysikaalisiin menetelmiin sisältyvät erilaiset hiukkaskiihdyttimet, kuten yleisimmin käytössä oleva elektronikiihdytin. Kemiallisiin menetelmiin kuuluvat muun muassa peroksidisilloitus, vulkanointi sekä sioplas-menetelmä. [3, s. 6.]

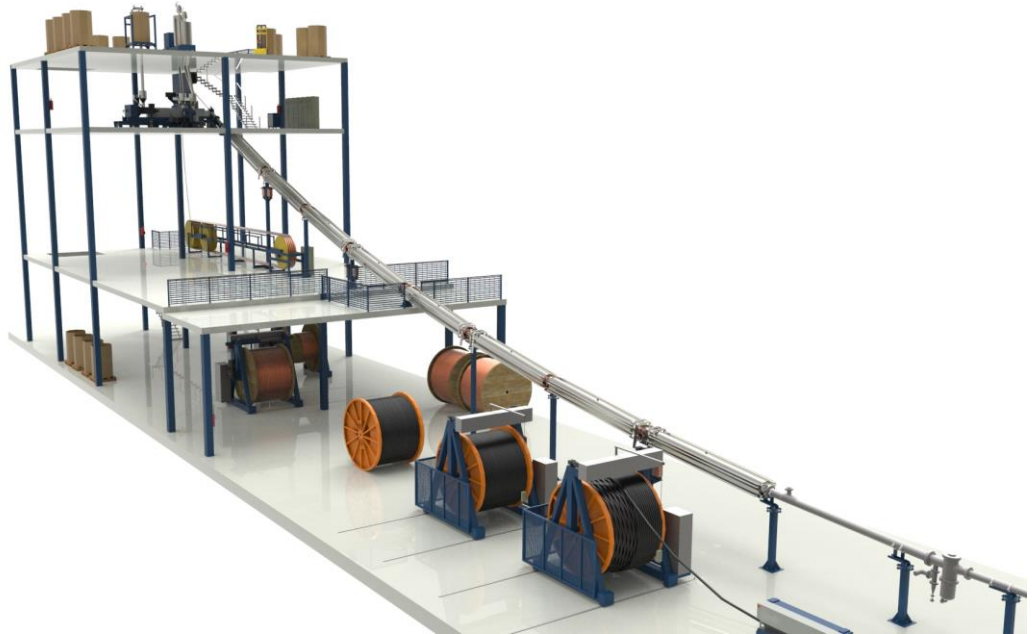
Vulkanointi ja peroksidisilloitus suoritetaan usein kaapelin pintaan tuotavan lämmön avulla. Lämmitystavan avulla voidaan vulkanointimenetelmät jakaa seuraaviin ryhmiin:

- konvektioon ja lämpösäteilyyn perustuvat menetelmät
- leikkauslämpöä hyödyttävät menetelmät, jotka syntyvät puristinpäässä
- ultraäänimenetelmä. [3, s. 6.]

Typpivulkanoinnissa kaapeli kulkee paineistetussa vulkanointiputkessa, jossa kaapelin ympärillä oleva kuuma typpikaasu lämmittää kaapelia. Typen lämpötila on useimmiten noin 200 - 400 °C. Höyryvulkanoinnissa kaapelia kuumennetaan paineistetussa vulkanointiputkessa kylläisen vesihöyryn avulla. Vesihöyryn lämpötila on useimmiten noin 200 °C. Suolakylpy on muuten samanlainen kuin höyryvulkanointi, mutta kuuman vesihöyryn sijaan putkessa on höyryn sijasta eutektistä suolaa. Eutektinen suola on suolaseos, jonka lämpötilaa voidaan tarvittaessa nostaa paineesta riippumatta haluttuun arvoon, joka yleisimmin on noin 250 °C. Öljykylvyssä kaapelin lämmitys suoritetaan vulkanointikaapelissa silikoniöljyn avulla. Lämmitysmenetelmä on muuten samanlainen kuin suolakylpy. [3, s. 6 - 7.]

## 2.4 Vulkanointilinja

Vulkanointiprosessit ovat lähes kaikissa vulkanointilinoissa jatkuvatoimisia. Vulkanointilinoja on pysty- (VCV) sekä vaakamallisia. Vaakamalliset linjat ovat ketjulinjoja (CCV) (kuva 3).



Kuva 3. Ketjumallinen vulkanointilinja, eli ns. ketjulinja (CCV).

Vulkanointilinjan rakenne on lähes aina samanlainen ja liitteestä 1 voi tarkastella esimerkimmallia linjasta. *Lähtökelasta* (1) vedettävä kupari- tai alumiinijohdin etenee *varaajan* (2) ja *pyörävetolaitteen* (3) kautta *puristinpään* (4) läpi vulkanointiputkeen. Muoviraakeet pudotetaan puristimiin kerrosta ylempänä olevista laatikoista. Puristimilla tuotetut muovieristyskerrokset "ajetaan" johtimen päälle puristinpään avulla. Vulkanointiputkessa sitä lämmitetään useassa, tyypillisesti 6 - 10 *lämmitysputkessa* (5). Lämmitysputken jälkeen kaapeli etenee neutraaliputkeen ja sen jälkeen *jäähdytysputkeen* (6). Pitkän jäähdytysputken jälkeen linjassa on kaapelia vetävä *kireysvetolaite* (7), jonka jälkeen kaapeli etenee *kääntöpyörään* (8). Vulkanointilinjan lopussa on vielä mahdollinen *varaaja* (9) sekä valmiin kaapelin keräävä *vastaanottokela* (10). [3, s. 6 - 8]

### 3 Kaapelin lämmittämisen keinot

#### 3.1 Lämmön siirtyminen kaapeliin

Lämmön siirtyminen kaapeliin tai kaapelista pois suoritetaan konvektiolla tai säteilemällä. Konvektiossa kaapelia ympäröivä aine voi olla kaasua (typpi, vesihöyry) tai nestettä (vesi, silikoniöljy, eutektinen suolaseos). Jos ympäröivänä aineena on käytetty nestettä, kaapelin pinta asettuu nopeasti sitä ympäröivän nesteen lämpötilaan. Kaasun ympäröidessä kaapelia voidaan lämmönsiirto jakaa vapaaseen ja pakotettuun konvektioon. Lämpösäteilyssä ei merkittävässä määrin lämpöä tunkeudu kaapelin sisään. Säteilyssä siirtyvän energiasiirron määräävät:

- säteilylähteen ja kaapelin emissiivisyydet
- säteilylähteen ja kaapelin välinen näkyvyyskerroin
- säliaineen kyky absorboida säteilyä.

Lämmönsiirtoa säteilemällä käsitellään tapauksissa, missä väliaineena on typpi tai vesihöyry ja säteilylähteenä vulkanointiputki. [3, s. 9.]



## 3.2 Konvektio

### 3.2.1 Pakotettu konvektio

Pakotetussa konvektiossa väliaine saatetaan liikkeelle yleensä pumpun tai puhaltimen avulla, jolloin lämmönsiirron tehokkuus on suurempi kuin vapaassa konvektiossa.

Vulkanointiputkessa väliaineena toimiva kaasu, yleensä typpi, kulkee samaan suuntaan kuin kaapeli (kuva 4). Tämä on tyypillinen putkivirtaus, joten Reynoldsin luvuksi  $Re$  saadaan

$$Re = \frac{2V_g(r_2 - r_1)\rho_g}{\eta_g}$$

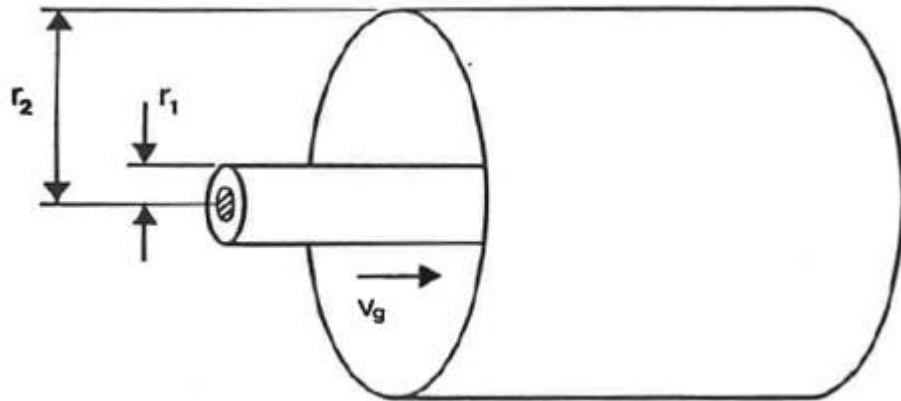
jossa

$V_g =$	kaasun virtausnopeus vulkanointiputkessa (m/s)
$\rho_g =$	kaasun tiheys ( $\text{m}^3$ )
$\eta_g =$	väliaineen viskositeetti ( $\text{Ns/m}^2$ )
$r_1 =$	kaapelin säde (m)
$r_2 =$	vulkanointiputken sisäsäde (m).

Kaasun virtausnopeuden ollessa luokkaa 2 - 40 m/s virtaus on turbulenttista. Reynoldsin luvun ollessa yli noin 4000 putkivirtaus on turbulenttista. [3, s. 10.]

Esimerkkinä voidaan käyttää vulkanointilinjan tyypijäähdytystä, jossa kylmä typpi (noin 25 °C) virtaa 150 mm:n putkessa. Jos kaapelin ulkohalkaisija on 20 mm, niin Reynoldsin luvuksi saadaan:

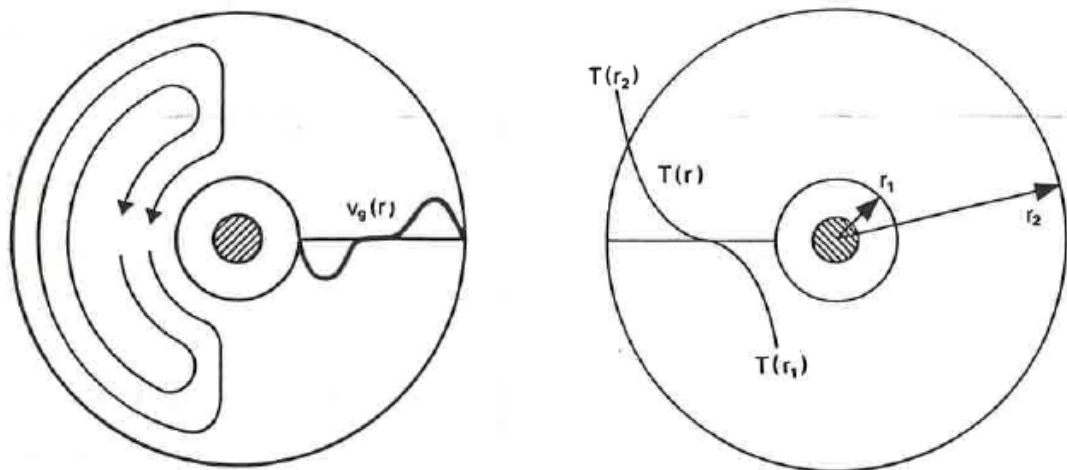
$$Re \approx 0,8 * 10^5 \frac{V_g}{\text{m/s}}$$



Kuva 4. Kaasun virtaus vulkanointiputkessa [3, s. 10].

### 3.2.2 Vapaa konvektio

Vapaata konvektiota tapahtuu vulkanointilinjan lämmitysosassa. Putken ja kaapelin välissä seisoo suojakaasu, joka on yleensä typpeä. Vapaassa konvektiossa lämmönsiirto aiheutuu lämpötilaeroista, jotka aiheuttavat tiheyseroja kaasussa putken säteen suuntaisesti, ja kaasu kiertää putkessa maan vetovoiman vaikutuksesta kuvan 5 mukaisesti. [3, s. 12.]



Kuva 5. Kaasun kierto vulkanointiputkessa [3, s. 12].

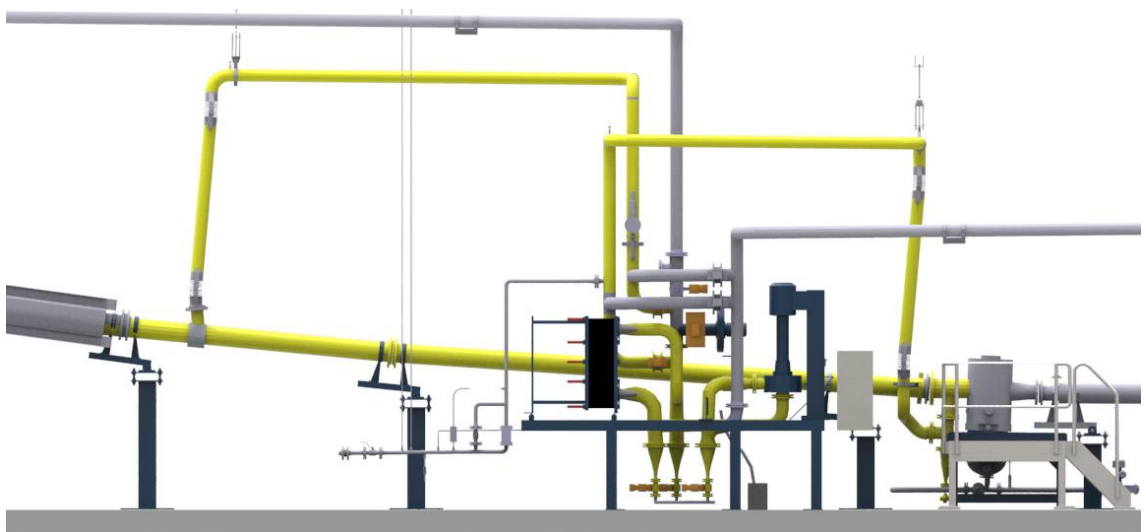
Vulkanointiputken ja kaapelin pinnan välinen lämmönsiirtyminen tapahtuu säteilemällä, johtumalla ja edellisessä kappaleessa kuvatun kiertoliikkeen aiheuttamalla konvektiolla. [3, s. 10 - 12.]

## 4 Typenkiertojärjestelmän toiminta

### 4.1 Jäähdytysputkisto

Typenkiertojärjestelmän tarkoituksena on kierrättää typpikaasua vulkanointilinjassa, millä mahdollistetaan kaapelin pinnan nopea jäähtyminen. Kaapelin kulkeutuessa lämmitysputkesta jäähdytysputkeen jäähdytys suoritetaan yhdessä tai kahdessa vaiheessa. Vulkanointiputki on paineistettu (yleisesti käytetään 10 bar), millä estetään peroksidin hajoamistuotteiden kiehumista korkeissa lämpötiloissa. Lämmitysputkien lämpötilat ovat tyypillisesti 200 - 550 °C. CCV-linjoissa käytetään EHT-jäähdytyskiertoa, jolla kaapelin pintaa jäähdyttämällä saadaan merkittävästi parannettua erityisesti suurjännitekaapelin pyöreyttä. [9.]

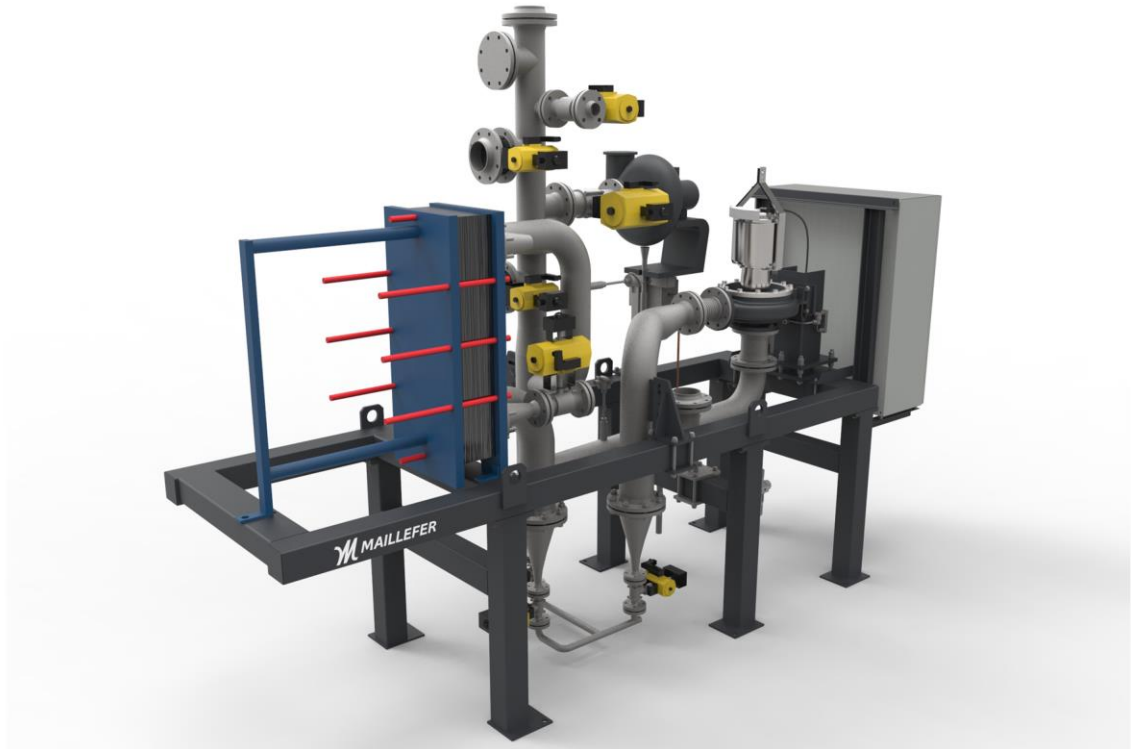
Lämmitysvyöhykkeiden jälkeen kaapelille suoritetaan esijäähdytyskierto (ns. Pre-Cooling Loop) (kuva 6) käyttämällä NCS-yksikköä, minkä tarkoituksena on alentaa kaapelin pintalämpötilaa ennen lopullista vesijäähdytystä, estäen näin vesihöyryn muodostumisen. Jos kaapelin pintalämpötila on liian korkea veteen tullessa, niin 10 barin paineessa vesi höyrystyy noin 180 °C:n lämpötilassa. Esijäähdytyskierrolla saadaan kaapelin pintalämpötila laskettua noin 50 - 60 °C. Ilman esijäähdytystä kaapelin pintalämpötila olisi 170 - 180 °C. Korkea kaapelin pintalämpötila muodostaa vesihöyryä, mikä voi kaapelissa aiheuttaa XLPE-eristeeseen mikrokuplia, jotka voivat johtaa kaapelin osittaispurkaukseen tai läpilyöntiin. [9.]



Kuva 6. Typenkiertojärjestelmän esijäähdytysputkisto sekä NCS-yksikkö [9].

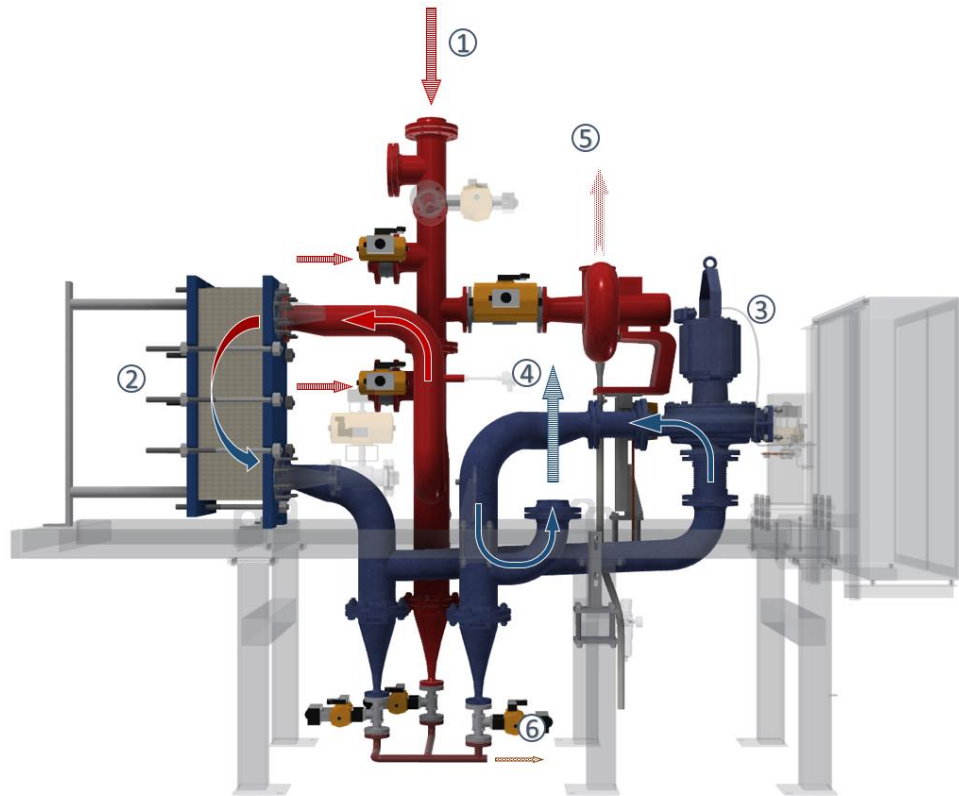
## 4.2 NCS-yksikkö

Omaksi koneikoksi vakiintunut NCS-yksikkö (kuva 7) suorittaa typen kierrättämisen esijäähdytysputkessa.



Kuva 7. NCS-yksikkö [9].

Typpi kulkeutuu kolmesta eri laitteistosta NCS-yksikön (kuva 8) pystyputken (1) yläosaan, josta se kulkeutuu lämmönvaihtimeen (2). Lämmönvaihto suoritetaan jäähdytysveden avulla, joka kiertää lämmönvaihtimessa virtausnopeudella  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ . Lämmönvaihtimen jäähdytyskapasiteetti on 50 kW. Typpi ohjautuu kaasukiertopuhalttimeen (3), joka kierrättää koko koneiston typpikiertoa. Typpi ohjataan takaisin kiertoon puhaltimen jälkeisestä putkesta (4). [1.]



Kuva 8. Typen kiertosuunta NCS-yksikössä.

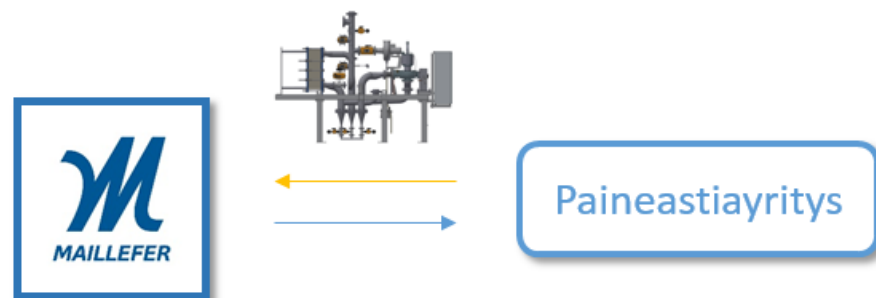
Kaapelilinjan ollessa käytössä putkistossa on 10 barin ajopaine, ja virtausnopeus on 300 m<sup>3</sup>/h. Paineen tulee pysyä yli 7 barissa, jotta kaapelin pinta ei kupli ja aiheuta symmetriavirheitä. Paineen ylittäessä 16 baria varoventtiilit aukeavat ja poistavat ylipaineen. Tuotannon loputtua ja paineen tasautuessa "nollaan" poistopuhallin (5) puhalttaa lopun typen pois koneikon putkistosta. [9.]

Typenkiertojärjestelmän ollessa toiminnassa syntyy sivutuotteita, eli toisin sanoen roskaa, putkistoon. Sen poisto suoritetaan kolmen by-product -poistoputken (6) avulla, jotka on sijoitettu laitteen alaosaan ja, jotka ovat yhteydessä jokaiseen putkeen.

## 5 Alkuperäinen hankintastrategia

### 5.1 Kokonaistoimitus

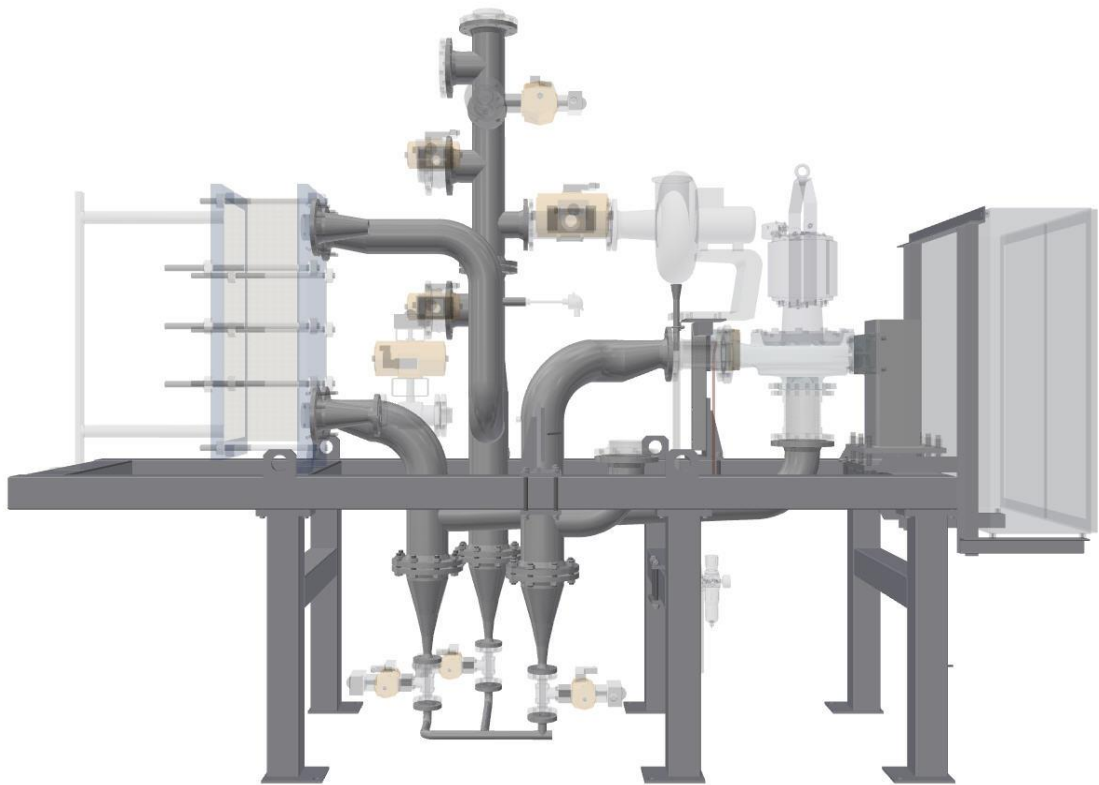
NCS-yksikön alkuaikoina se valmistettiin kokonaan suomalaisessa paineastiayrityksessä, jolta Maillefer Extrusion Oy tilasi koneikon kokonaistoimituksena (kuva 9). Paineastiayrityksen vastuulla oli kaikki materiaalin tilauksista paineosien valmistamiseen sekä kokoonpanotyö. Kaupallisten osien hankintaan paineastiayritys käytti Maillefer Extrusion Oy:n sopimushintoja. Tässä toimitusketjussa riskit ovat vähäiset, koska NCS-yksikön ollessa kokonaan CE-merkitty paineestiaksi ja paineastiayrityksen erikoistumisen PED -sertifikaatilla ei koneikon viennissä ulkomaille ollut ongelmia. Toisaalta koneen tilaaminen paineastiayritykseltä kokonaan ei ollut parhaimpia tilanteita, koska esimerkiksi NCS-yksikön rungon hitsaamiseen käytettiin samaa tunti-laskutusta kuin kalliimpien ja vaativampien sekä paineastiadirektiivin vaatimien hitsien tekemiseen.



Kuva 9. NCS-yksikön alkuperäinen hankintastrategia yksinkertaistettuna. Sininen viiva kuvaa tilausta ja keltainen valmiin tuotteen toimitusta.

## 5.2 Osien valmistus ja hankinta

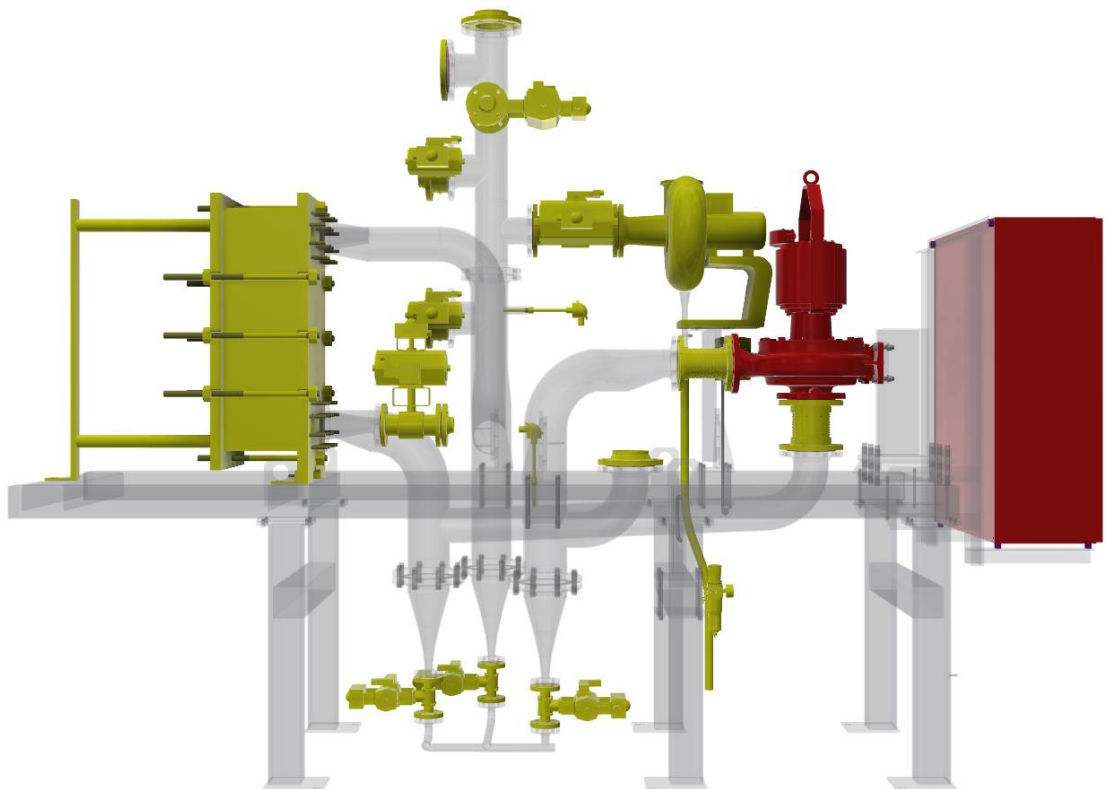
Valmistettaviin osiin kuuluvat kaikki koneistettavat, hitsattavat ja kokoonpantavat osat. Kokoonpantavan osan periaate on, että kaksi tai useampia osia pystytään tarvittaessa irrottamaan toisistaan rikkomatta osia. Esimerkkinä tähän on paineputkien kannakkeet, jotka kiinnitetään pulttiliitoksella runkoputkeen kiinni. Koneistettavan osan vaatimus on, että materiaalin muotoa on muutettu eri koneistusmenetelmällä. NCS-yksikön kaasukier-topuhaltimen kiinnitysrunko on koneistettu osa, koska siihen on poraamalla tehty pulteille reiät. Tässä osassa käytetään myös hitsaamista, jolla kiinnitetään kaksi tai useampia osia yhteen hitsausliitännällä. Paineastiyritys valmisti NCS-yksikön kaikki valmistettavat osat ja tilasi niihin tarvittavan materiaalin Suomen rajojen sisäpuolelta. Kuvassa 10 on esitetty kaikki NCS-yksikön valmistettavat osat, joista merkittävimpiä ovat *runko*, *paineistetut putket* sekä *puhaltimen kannake*.



Kuva 10. NCS-yksikön valmistettavat osat.

Kaupallisia tuotteita ovat kaikki osat, jotka tilataan erikseen toimittajilta valmiina käyttökunnossa eivätkä ne tarvitse Maillefer Extrusion Oy:n tai sen alihankkijan immateriaalista tietoutta. Näitä osia ei erikseen tarvitse kokoonpanna tai koneistaa. Paineastiyritys on

vastuussa kaupallisten osien toimitusketjusta kustannus- ja toimitusajallisesti. Tämä tilanne helpotti Maillefer Extrusion Oy:n omaa työtä ja vähensi sen puolesta kuluja, mutta se myös aiheutti suoria kuluja paineasterytyksen ottaessa oman osuutensa jokaisesta osasta. Kaupallisiin osiin kuuluvat *venttiilit, ilmastointipuhallin, lämmönvaihdin ja pienosat*. Maillefer Extrusion Oy:n räätälöimiä alihankkijalta tilattuja osia ovat *sähkökaappi ja typpipuhallin*. Nämä osat eivät kuulu käytännössä kaupallisiin- eikä valmistettaviin osiin, koska ne eivät ole suoraan ”kaupan hylly” -tavaraa. Kaupallisten ja räätälöityjen osien ostoa hallinnoi paineastiayritys, joka asensi ne NCS-yksikköön. Kuvassa 11 on esitetty NCS-yksikön kaupalliset sekä räätälöidyt osat.



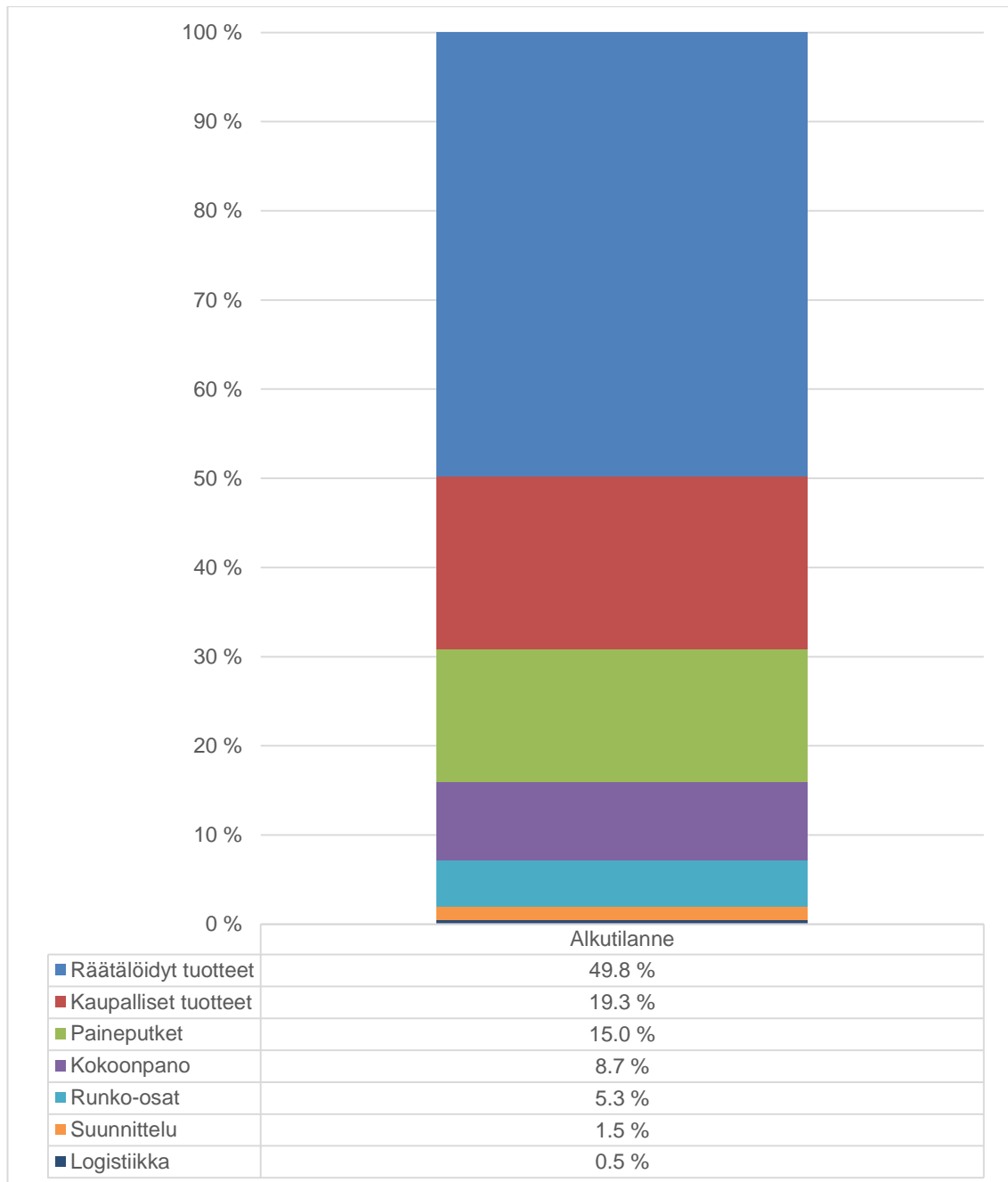
Kuva 11. NCS-yksikön kaupalliset (keltaiset) sekä räätälöidyt (punaiset) osat.

### 5.3 Kokonaiskustannusten jakautuminen

Kokonaiskustannuksia kuvataan suhteellisella jakautumisella (kuva 12, s. 18), koska todelliset hinnat ovat luottamuksellisia ja suhteellisuusdiagrammeista on helpompi havainnoida kustannuksien suhteita toisiinsa nähden. NCS-yksikön suurin kustannusosuus tulee räätälöidyistä osista (49,8 %) sekä kaupallisista osista (19,3 %). Seuraavaksi suurin kustannusosuus tulee paineistetuista putkista (15 %), siihen sisältyvät putkien materiaalit



ja työ. Osuus on suuri vaativien PED-direktiivin mukaisten valmistusmenetelmien takia. Kokoonpano tarkoittaa valmiiden osien kiinnittämistä NCS-yksikköön, ja se kattaa 8,7 % kokonaiskustannuksista. Runko-osien osuus 5,3 % pitää sisällään myös runkoon kiinnitettävät osat, joita ovat putkien kannakkeet, sekä puhaltimien ja sähkökaapin tuet. Tämä kattaa osien materiaalin ja valmistamisen. Suunnittelun osuus on 1,5 %. Tämä osuus tulee täysin Maillefer Extrusion Oy:ltä. Logistiikan osuus on 0,5 % kokonaiskustannuksista.

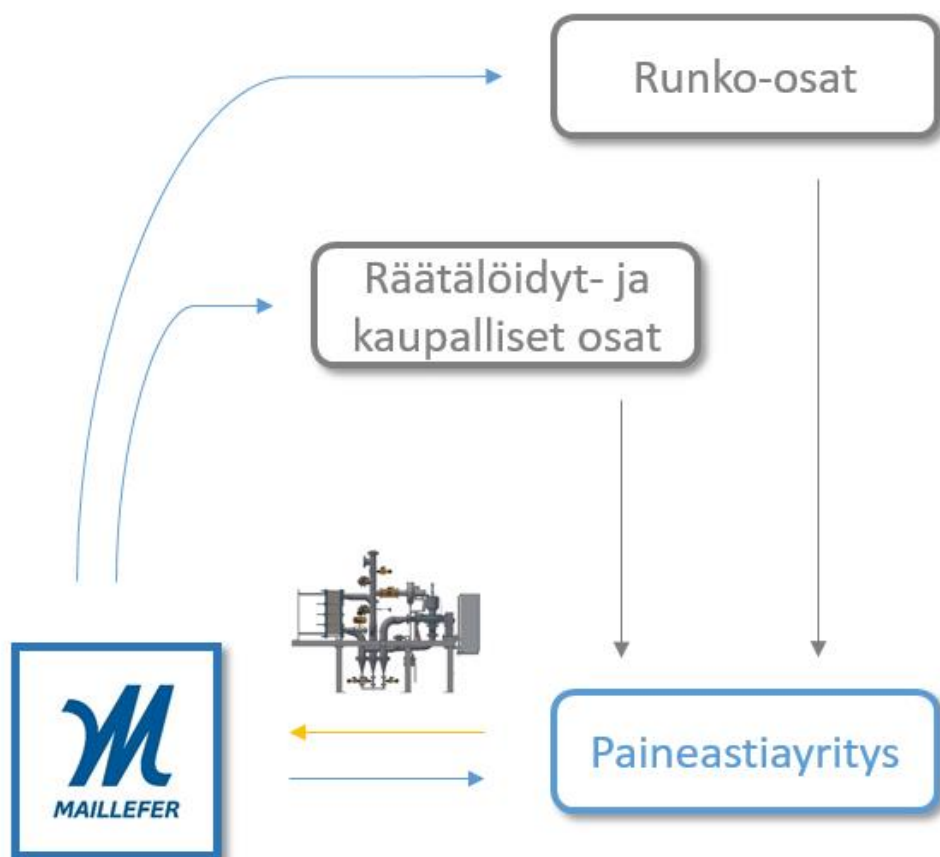


Kuva 12. NCS-yksikön kokonaiskustannusten jakautuminen alkutilanteessa.

## 6 Hankintastrategia nykytilanteessa

### 6.1 Hajautettu toimitus

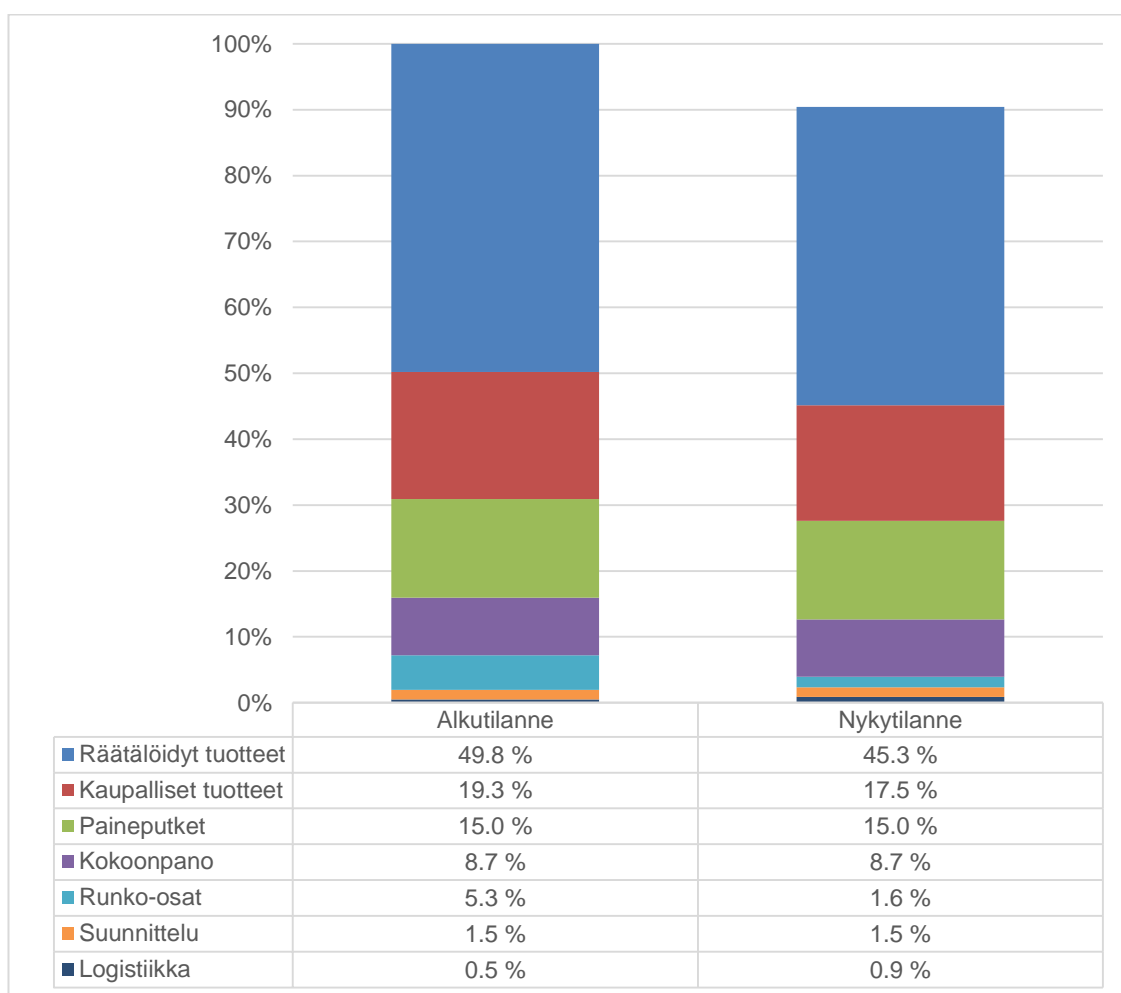
Nykytilanteessa suomalainen paineastiayritys suorittaa edelleen NCS-yksikön kokoonpanemisen ja toimittamisen Maillefer Extrusion Oy:lle. Muutoksena aikaisempaan on, että nykyään *runko*, *putkien kannakkeet* sekä *puhaltimien* ja *sähkökaapin tuet* tilataan halpakustannemaasta. Lisäksi kaupallisten sekä räätälöityjen osien hankinta on siirtynyt Maillefer Extrusion Oy:lle (kuva 13). Osien hankinnan siirtämisellä Maillefer Extrusion Oy:lle mahdollistettiin välikulujen pienentyminen sekä mahdollisuus paremmin kilpailuttaa komponentit. Koneikon kustannus on ollut pääosin räätälöidyissä ja kaupallisissa osissa. Paineastiayrityksen vastuulle on tällä hetkellä jäänyt paineputkien valmistaminen, pienosien hankkiminen, sekä laitteen kokoonpaneminen ja testaus.



Kuva 13. NCS-yksikön hankintastrategia nykyään. Siniset viivat kuvaavat tilausta, harmaat osien toimitusta ja keltainen valmiin tuotteen toimitusta.

## 6.2 Hankintakustannusten suhteellinen jakautuminen

Diagrammissa (kuva 14) esitetään tämänhetkisten hankintakustannusten suhteellista jakautumista. Kokonaiskustannuksia on saatu vähennettyä noin 10 % alkuperäisestä kustannusjakaumasta. Uusi hankintastrategia vaikutti kokonaiskustannuksiin positiivisesti ja seuraavissa kappaleissa on esitetty, kuinka se saavutettiin. Suurimmat kustannukset tulevat edelleen räätälöityjen ja kaupallisten osien hankinnasta. Räätälöityjen osien kustannukset ovat 45,3 % ja kaupallisten osien 17,5 %. Paineputkien osuus on pysynyt samana, eli 15 %. Seuraavaksi suurin kustannusosuus tulee kokoonpanotyöstä, 8,7 %. Pienemmät kustannusosuudet ovat suunnittelu, 1,5 %, runko-osat, 1,6 % sekä logistiikka, 0,9 %.

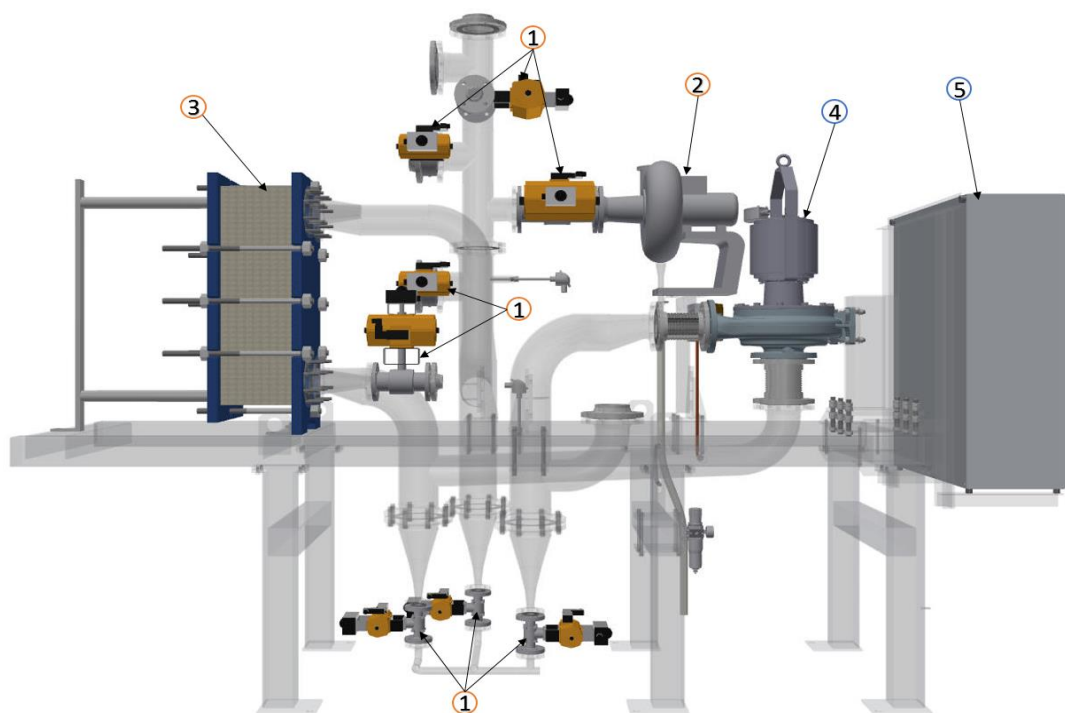


Kuva 14. Diagrammeissa on verrattu NCS-yksikön alku- ja nykytilanteen kustannuksien suhdetta toisiinsa. Nykytilanteen prosentit saadaan, kun verrataan osakustannus alkutilanteen kokonaiskustannukseen (100 %), jolloin diagrammeista saadaan näkymään kokonaiskustannuksen muutos. Nykytilanteen diagrammi ei siis ole kyseisen tilanteen kustannusjakauma vaan vertailu alkutilanteen kustannuksiin.

### 6.2.1 Kaupalliset ja räätälöidyt osat

Räätälöityjen ja kaupallisten osien kustannuksista saatiin 10 %:n osuus vähennettyä, kun osien osto- ja logistiikkalisät vähenivät. Näiden komponenttien hankinnan siirto Maillefer Extrusion Oy:lle toi myös paremman mahdollisuuden komponenttien hinnan kilpailuttamisen. Kilpailuttamisella pystytään vertailemaan eri valmistajien hintoja ja sitä mukaa katsomaan, mistä yrityksestä saisi kustannustehokkaimmin kyseisen komponentin. Kustannustehokkaimmalla ei tarkoiteta vain halvinta tuotetta, vaan pitää ottaa huomioon myös komponentin *laatu*, tarvittavat *ominaisuudet* ja *toimituskulut*. Kilpailuttamisen hyöty on myös mahdollisuudessa kysyä tarjouksia ja määräalennuksia.

Komponenttien tilaamista varastoon yritetään välttää mahdollisimman paljon nettokäytöpääoman optimoimiseksi, ja jatkuvassa komponenttien tilaamisessa on riski ylimääräisille ja käyttämättömille komponenteille. Maillefer Extrusion Oy onnistui löytämään oikeat toimittajat ja sen myötä kaupallisten osien tilaaminen itse vähensi kustannuksia. Kuvassa 15 on esitetty NCS-yksikön kaupalliset osat, joihin kuuluvat *venttiilit* (1), *ilmastointipuhallin* (2) ja *lämmönvaihdin* (3), sekä räätälöidyt osat *typpipuhallin* (4) ja *sähkökaappi* (5). Antureita, mittareita sekä liitäntäosia (pultit, mutterit yms.) ei ole huomioitu niiden kustannusten ollessa vain murto-osa kokonaiskustannuksista.



Kuva 15. NCS-yksikön kaupalliset osat 1) Venttiilit, 2) ilmastointipuhallin ja 3) lämmönvaihdin sekä räätälöidyt osat 4) typpipuhallin ja 5) sähkökaappi.

### 6.2.2 Valmistettavat osat

Runko on NCS-yksikön perusta, johon putkistot ja komponentit kiinnitetään. Runko koostuu neliöprofiiliputkista ja päätyvaloista. Lisäksi runkoon kuuluu sähkökaapin ja puhaltimien tuet, sekä putkien kannattimet. Runko-osien valmistus siirtyi alihankintana halpaa kustannemaahan, jossa niitä valmistetaan normaalissa hitsaamossa, koska nämä osat eivät vaadi PED-direktiivin mukaista valmistusta niiden ollessa paineettomia. Hitsaamo huolehtii myös rungon maalauksesta.

Rungon tilaamisesta huolehtii nykyään Maillefer Extrusion Oy, ja valmis runko toimitetaan valmistuksen jälkeen samaan suomalaiseen paineastiayritykseen kokoonpantavaksi NCS-yksikköön. Aikoinaan rungon jalat kiinnitettiin paikoilleen hitsaamalla, mutta siitä siirryttiin käyttämään irrotettavia laippaliitoksia. Tällä mahdollistettiin jalkojen irrottaminen toimitusta varten, ja näin kuljettaminen pienemmässä tilassa mahdollisti säästön pakkaus- sekä toimituskuluissa. Runko-osien kustannukset kattavat noin 1,6 % kokonaiskustannuksista ja aikaisempaan kustannukseen (5,3 %) verrattuna rungon hankinnasta saatiin vähennettyä jopa 70 %. Rungon tilaaminen halpaa kustannemaasta lisäsi logistiikkakuluja noin 50 %.

Paineistetut putket vaativat valmistajalta, sekä hitsaajalta, vaadittavan erikoistumisen paineastioiden valmistamiseen. NCS-yksikön paineistetut putket valmistaa edelleen sama suomalainen paineastiayritys, joka tilaa putkiin vaadittavan materiaalin Suomen rajojen sisäpuolelta. Paineputkien, sekä oikeastaan kaikkien NCS-yksikön valmistettavien osien, kohdalla niihin tarvittava materiaali käy suhteellisen kalliiksi. Materiaali voidaan kuitenkin ostaa isommissa erissä vakiintuneen kauppataivan puitteissa.

### 6.2.3 Työ

Työkustannuksiin sisältyvät suunnittelu ja kokoonpanotyöt. NCS-yksikön suunnittelu tehdään Maillefer Extrusion Oy:n puolesta. Suunnitteluun sisältyvät mekaaninen ja sähköinen suunnittelu, jotka kattavat 1,5 % -osuuden kokonaiskustannuksista. Suunnittelun osuus on kohtuullisen pieni NCS-yksikön standardisoitumisen takia, koska konetta ei tarvitse suunnitella kokonaan uudelleen. Samaa mallia käytetään pääasiallisesti, mutta asiakkaan pyynnöstä tehdään tarvittavia modifikaatioita. Kokoonpanemisen osuus kokonaiskustannuksista on 8,7 %, johon sisältyvät mekaaninen sekä sähköinen työ.

## 7 Hankintakustannusten vähentäminen

### 7.1 Reunaehdot

Tämän insinööriyön tavoitteena oli vähentää NCS-yksikön hankintakustannuksia tutkimalla ratkaisuja ja keinoja tämän saavuttamiseksi. Toiminnaltaan NCS-yksikkö on varsin yksinkertainen; kuuma tyyppi tulee koneikkoon ja lähtee ulos kylmänä jäähdyttämään kaapelia vulkanointilinjaan. Käytännössä NCS-yksikkö on kuitenkin moniulotteinen rakenteeltaan, koska se vaatii komponentteja ja osia eri osa-alueilta. Tällä tarkoitetaan, että koneikossa on valmistettavia ja kaupallisia osia, joilla on kaikilla oma merkityksensä koneikon toiminnassa. Komponentteja ja osia ei näin ollen voida jättää kokonaan pois ja sitä kautta vähentää hankintakustannuksia.

NCS-yksikön tilaaminen kokonaisena paineastiayritykseltä kiinnitti kustannukset kokonaan paineastiayrityksen varaan. Tässä tilanteessa kuljetus- ja toimituskulut pysyivät kohtalaisena, koska osien, komponenttien ja materiaalin tilaaminen tapahtui lähinnä Suomen rajojen sisäpuolella. Materiaalikulujen puolesta tässä työssä on oletettu niiden olevan hieman kalliimpaa kuin ulkomailta hankittaessa. Kriittisissä osissa, kuten paineputkissa työn varmuudella ja laadulla on suuri merkitys. Näin ollen luonnollinen siirtymä hankintakustannusten vähentämiseksi oli sijoittaa osuus valmistamisesta muualle. Osien valmistamisen siirtämisessä muualle pitää ottaa huomioon *toimituskulut*, sekä maailmalta tilatessa myös *tullikulut* ja joissain tapauksissa *rahanarvo*. Tavarantoimituksesta ulkomailta täytyy pitää myös mielessä aika. On mahdollista, että tavarantoimituksessa kauempaa ulkomailta, ja säästämällä toimituskuluissa, seuraa ketjuefekti, missä tavarantoimitus eteenpäin viivästyy.

Analyysin suorittamiseksi lähdettiin tarkastelemaan eri vaihtoehtoja hankintastrategian muuttamiseksi ja sen kautta vaikutuksia mahdollisiin kustannussäästöihin. Lisäksi otettiin huomioon koneeseen tehdyn *työn määrä*, *kokoonpano*, *testaus* ja *pakkaus*. Välillisten kustannusten kuten *kuljetus*-, *tulli*- ja *käsittelykulujen*, sekä *valuuttakurssien* huomioon ottaminen on hieman kyseenalaista, koska niihin vaikuttaminen on mahdotonta. Tosin kuljetuskuluihin voidaan vaikuttaa sopimalla valmistajan kanssa eri kuljetusvaihtoehdoista, mutta hinta ja nopeus kuljetuksessa pitää ottaa huomioon. Esimerkiksi tuotteen kuljetus laivalla, mikä kestää viikkoja, voi vaikuttaa kokoonpanon edistymiseen kuljetusviiveen takia ja näin lisätä kustannuksia.

### 7.1.1 Määräykset

Paineistetut putket tehdään EN 13445:2014 -standardin mukaisesti, mikä kuuluu eurooppalaiseen PED-direktiiviin.

### 7.1.2 Valmistukselle ja kokoonpanolle asetetut vaatimukset

NCS-yksikön rakenteen tulee pysyä samana koskien valmistettavia osia. Kaupallisten osien puolesta muutoksia voi tulla, kunhan osien ominaisuudet säilyvät. Kokoonpanijalta ei vaadita paineastialisenssiä, kunhan koneikon paineistetut putket hankitaan paineastiayritykseltä.

## 7.2 Vaihtoehtoja

Vaihtoehdot NCS-yksikön hankintastrategian muuttamiseksi ovat *tuotannonsiirto*, *tuotannon hajauttaminen* sekä *osien haltuun ottaminen*. Näitä vaihtoehtoja käsitellään seuraavissa kappaleissa arvioimalla niiden kustannuksia ja toimintatavan toteutuvuutta.

### 7.2.1 Tuotannonsiirto

NCS-yksikön tuotannonsiirto kokonaan Suomesta mahdollistaisi todennäköisen hankintakustannusten vähenemisen. Tämä tilanne tarkoittaisi sitä, että nykyinen toimittaja, suomalainen paineastiayritys, vaihdettaisiin kokonaan toiseen valmistajaan. Nykyisen toimittajan vahvuus on ollut työn laadussa, toistensa toimintatapojen tuntemisessa ja joustavuudessa. Tuotannon siirtäminen saattaisi johtaa nykyisen yhteistyön loppumiseen. Lisäksi uuden toimittajan kanssa jouduttaisiin todennäköisesti tekemään useampi vuosi yhteistyötä korkeammalla hinnalla, niin kauan, kun toimittaja oppii ymmärtämään Maillefer Extrusion Oy:n tuotteiden toistuvuuden ja näin saamaan positiivisen vaikutuksen toimintaan. Tämä mahdollistaisi neuvottelut edullisemmasta toimitussopimuksesta. Näiden lisäksi tulee huomioida uuden toimittajan ylösajokulut.

PED-direktiivin mukaisia paineastiayrityksiä on monia Euroopassa. Tällainen tilanne saataisiin ehkä toimimaan, jos NCS-yksikön tuotannonsiirron lisäksi siirrettäisiin muidenkin Maillefer Extrusion Oy:n paineastioiden valmistus uuteen yritykseen. Kuitenkin uusi

toimittaja joutuisi oppimaan uuden laitteen valmistuksen ja ehkä jopa uuden valmistustavan, joka johtaisi laadun epätasaisuuteen. Runko-osien valmistus jatkuisi edelleen nykyisessä halpakustannemaassa.

Tuotannonsiirto vaikuttaa myös kaupallisten ja räätälöityjen osien toimitukseen. Jos jatketaan nykyisellä tyylillä, eli Maillefer Extrusion Oy tilaa ja toimittaa osat valmistajalle, kuljetuskulujen määrää lisääntyy. Varsinkin, jos jokaisen osan valmistajalta lähetetään tuotteet erikseen NCS-yksikön valmistajalle Eurooppaan. Vaikka tällä keinolla säästettäisiin jotenkin kuljetuskuluissa, ongelmaksi muodostuisivat jatkuva lähetys, pitkät toimitusajat useamman viivästysmahdollisuuden takia ja hinta.

Tuotannonsiirto vaikuttaisi kustannuksiin vähentämällä jonkin verran valmistuskuluja, mutta lisäämällä selvästi logistiikkakuluja. Lisäksi laatu saattaisi kärsiä. Maillefer Extrusion Oy on tunnettu laadustaan, ja se on tärkeää myös NCS-yksikön valmistamisessa. Tuotannonsiirto on näin ollen epätodennäköinen vaihtoehto kustannussäästöjen ollessa kovin marginaalisia suhteessa laaturiskiin.

### 7.2.2 Tuotannon hajauttaminen

Tuotannon hajauttamisella tarkoitetaan NCS-yksikön hankkimista sieltä, mistä sen juuri nyt saa halvimmalla. Tämä olisi koneikon yksittäis- tai pientilausten suorittamista useammalta eri toimittajalta. Tällä voisi teoriassa saavuttaa säästöjä valmistuksessa, jos toimittajaehdokkailta saadaan tarpeeksi edullinen tarjous.

Ongelmaksi muodostuisi kuljetuksien levittäytyminen ja kustannukset. Monilta eri toimittajilta pystytään kyllä toimittamaan, mutta useammasta eri kohteesta lähettäminen vaatisi enemmän työtä ja näin ollen kuljetuskulut kasvaisivat. Lisäksi koneikon laatu muuttuisi varmasti epäsäännölliseksi useiden valmistajien takia. Kaupallisten osien lähettäminen valmistajille osoittautuisi hankalaksi useiden kohteiden takia.

Tuotannon hajauttamisella voisi pidemmän päälle muodostua jonkin valmistajan kanssa ihan säännöllinen yhteistyö. Tosin toimintatapa voisi johtaa myös siihen tilanteeseen, että Maillefer Extrusion Oy ei olisi millekään toimittajalle tärkeä asiakas ja voisi saada huonon maineen. Pidemmän päälle tämä toimintatapa olisi epäedullinen jokaiselle osapuolelle.

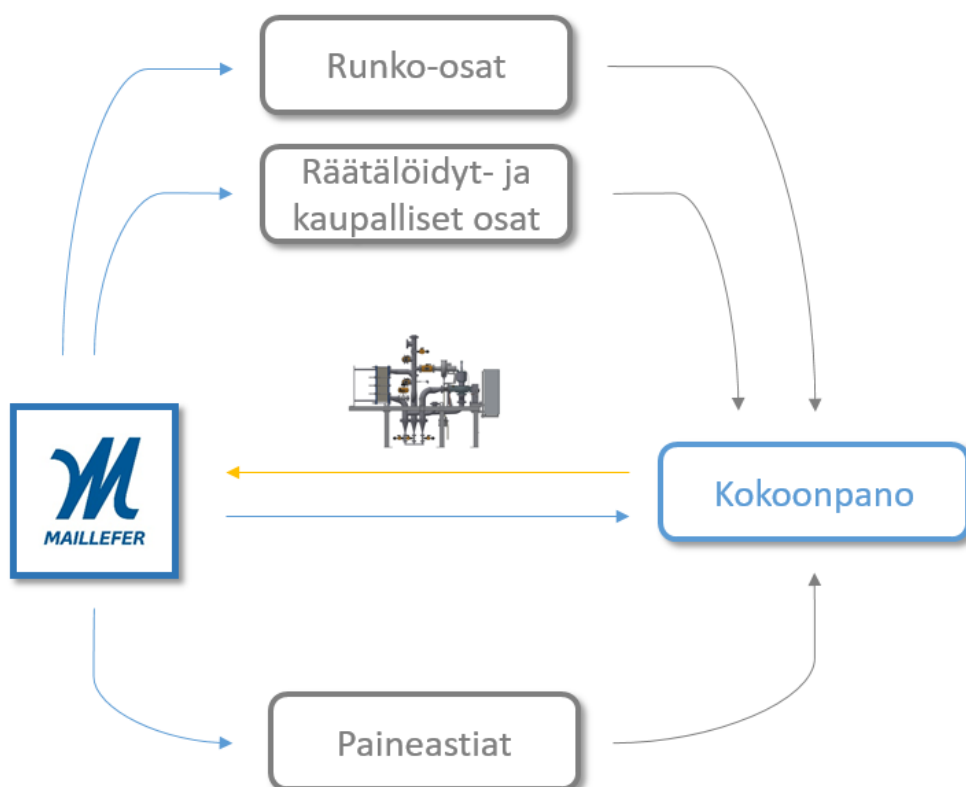


### 7.2.3 Kokoonpanon osien haltuun ottaminen

Kokoonpanon osien haltuun ottamisella tarkoitetaan, että Maillefer Extrusion Oy ottaa NCS-yksikön jokaisen osan hankinnan haltuunsa parhaimman toimittajan mukaan. Tällä tuotaisiin Maillefer Extrusion Oy:n koko toimittajakentän kyky ja kustannustehokkuus paineastiayritysten käyttöön. Tavoitteena on vapauttaa paineastiayritys muista NCS-yksiköön liittyvistä töistä, jolloin yritys voi keskittyä pelkästään koneikon paineistettujen putkien valmistamiseen. Tämä tarkoittaa, että Maillefer Extrusion Oy pystyy pyytämään paineastiayrityksiltä tarjousta vain materiaalin ostotyön ja logistiikan hoitamisesta, kokoonpanosta, paineastiaosuudesta sekä testaamisesta ja pakkaamisesta. Runko-osien valmistus todennäköisesti jatkuisi nykyisellä toimittajalla halpakustannemaassa.

Kaupalliset ja räätälöidyt tuotteet ovat olleet kalleimpia kulueriä NCS-yksikön valmistuksessa. Niiden hankinnan siirtäminen Maillefer Extrusion Oy:lle pienensi jo ennestään kuluja, mutta näissä on mahdollisuus jopa suuriinkin kustannussäästöihin.

Kuvassa 17 esitetään ns. ideaalitulannetta NCS-yksikön hankintastrategiassa. Maillefer Extrusion Oy tulisi tilaamaan runko-osat, kaupalliset tuotteet sekä paineistetut putket eri valmistajilta. Kokoonpanon tekisi erillinen yritys, jolle muut valmistajat toimittavat tuotteet. Kokoonpanijalta ei vaadita PED-lisenssiä, jos kokoonpanemiseen ei käytetä hitsaamista, vaan valmiita tuotteita. Tässä kohtaa paineistetut putket lasketaan valmiiksi tuotteiksi.



Kuva 16. NCS-yksikön hankintastrategia "ideaalitalanteessa".

Tämä toimintamalli mahdollistaisi Maillefer Extrusion Oy:n paljon vähemmän haavoittuvaksi toimittajien joutuessa ongelmiin, koska osien hankkiminen uudelta toimittajalta helpottuu ja nopeutuu huomattavasti, kun ostoille voidaan suoraan osoittaa hankinta kanavat.

Otetaan huomioon PED-direktiivi tämän toimintamallin suhteen. NCS-yksikkö on siis nykyään koneikkona CE-merkitty paineastiaksi. Jos nykyiselle paineastiayritykselle jää vain paineistettujen putkien valmistaminen, näitä paineputkia ei välttämättä tarvitse CE-merkitä erikseen, vaikka ne ovatkin nyt omia paineastioitaan. PED-direktiivin liitteessä 1 kohdassa 3.1.2 sanotaan:

Painelaitteiden paineenkestoon vaikuttavien osien ja niihin suoraan kiinnitettyjen osien pysyvät liitokset on teetettävä henkilöillä, joilla on asianmukainen pätevyys, ja ne on toteutettava sopivien menetelmien mukaisesti.

Nykyinen valmistaja valmistaa putket PED-direktiivin mukaisesti. Jos uuteen toimintamalliin siirryttäisiin, paineastiayrityksen tarvitsisi hakea hitsatuista paineputkista niille

tyyppihyväksynät. Tämä tarkoittaa PED-direktiivin mukaisia painetestejä. Tyyppihyväksynnällä mahdollistettaisiin putkien CE-merkintä paineastioiksi, ja koska putkien rakenne ei muutu, niin seuraaviin sarjatuotettuihin putkiin ei vaadita uutta tyyppihyväksynnän hakemusta. PED-direktiivin liitteessä 1 kohdassa 5.1 sanotaan:

Valmistajan on kiinnitettävä CE-merkintä kuhunkin yksittäiseen painelaitteeseen, joka täyttää tämän direktiivin sovellettavat vaatimukset.

Kaupallisten osien puolesta vaaditaan CE-merkintä myös, mutta tuotteet on jo valmistajalla CE-merkitty. Kaupallisten osien pitää olla CE-merkittyjä, koska ne kiinnitetään paineistettuun laitteeseen ja ovat paineistettuja käytössä.

NCS-yksikköön tehdään nykyään painetestit, kun kokoonpano on suoritettu ja näin koneikolle myönnetään CE-merkintä. Tässä vaiheessa ei välttämättä vaadita painetestejä, jos kaikki laitteen osat on CE-merkitty. Lisäksi CV-linjan kokoamisvaiheessa asiakkaalla suoritetaan lopputesti koko typenkiertoputkistolle, johon sisältyy NCS-yksikkö. Tällä tavalla voitaisiin jättää kokoonpanovaiheen painetestaus pois, ja oikeastaan koko kokoonpanovaihe erillisellä yrityksellä. PED-direktiivin liitteessä 1 kohdassa 3.1.2 sanotaan:

Menetelmät ja henkilöt hyväksyy luokkaan II, III ja IV kuuluvien painelaitteiden osalta toimivaltainen kolmas osapuoli, joka on valmistajan valinnan mukaan

— ilmoitettu laitos,

— jäsenvaltion 20 artiklan mukaisesti tunnustama kolmannen osapuolen organisaatio.

Näin ollen NCS-yksikkö voitaisiin lähettää asiakkaalle osina. Maillefer Extrusion Oy teettäisi painelaittekokonaisuuden lopputestin kolmannelta osapuolelta, mutta kokoonpanon suorittaisi asiakas. Tämä toimintamalli tulisi johtamaan ehkä valmistuksen kustannussäästöihin, mutta kokoonpanon ja testauksen siirtyessä asiakkaalle myös NCS-yksikön myyntihinta laskisi. Ero kustannussäästöissä olisi kovin marginaalinen ja vaatisi enemmän töitä Maillefer Extrusion Oy:ltä.

## 8 Uusi hankintastrategia

Lähdetään purkamaan kokonaiskustannuksia ja tutkimaan, mitä asioita voisi muuttaa nykyisestä toimintamallista, jos siirryttäisiin ”ideaalitalanteeseen”. Kokoonpanon osien haltuun ottaminen on edellisistä kolmesta vaihtoehdosta todennäköisin, ja sillä saavutettaisiin eniten kustannussäästöjä. Oletetaan, että Maillefer Extrusion Oy jatkaisi NCS-yksikön paineputkien tilaamista nykyiseltä toimittajalta, mutta muiden osien toimitus siirtyisi muualle ja kokoonpano siirtyisi myös muualle.

Kaupallisten osien kohdalla olisi mahdollisuus noin 15 %:n kustannusvähennykseen tarkastelemalla uudelleen osien vaadittavia ominaisuuksia. Jotkin osat saattavat olla ”liian hyviä”, vaikka ”riittävän hyvä” riittäisi. Räättälöidyissä tuotteissa ei ole muuttamisen varaa niiden ollessa täysin hiottuja ominaisuuksien puolesta.

Paineistettujen putkien hankintakustannukset todennäköisesti pysyisivät samana. Putkien valmistamisen siirtäminen toiseen yritykseen, tai jakaminen kahdelle, on myös yksi mahdollisuus, mutta koneikon toimituksen vähyden takia putkien valmistuksen jakaminen ei olisi kannattavaa.

Kokoonpanon siirtämisestä itäeurooppalaiseen yritykseen kustannuksia voidaan arvioida nykyisen kokoonpanon tunti-laskutuksesta ja olettamalla, että itäeurooppalaisesta yrityksestä saataisiin vastaava työ halvemmalla. Oletetaan, että kokoonpanosta lähtisi noin 60 % nykyisestä.

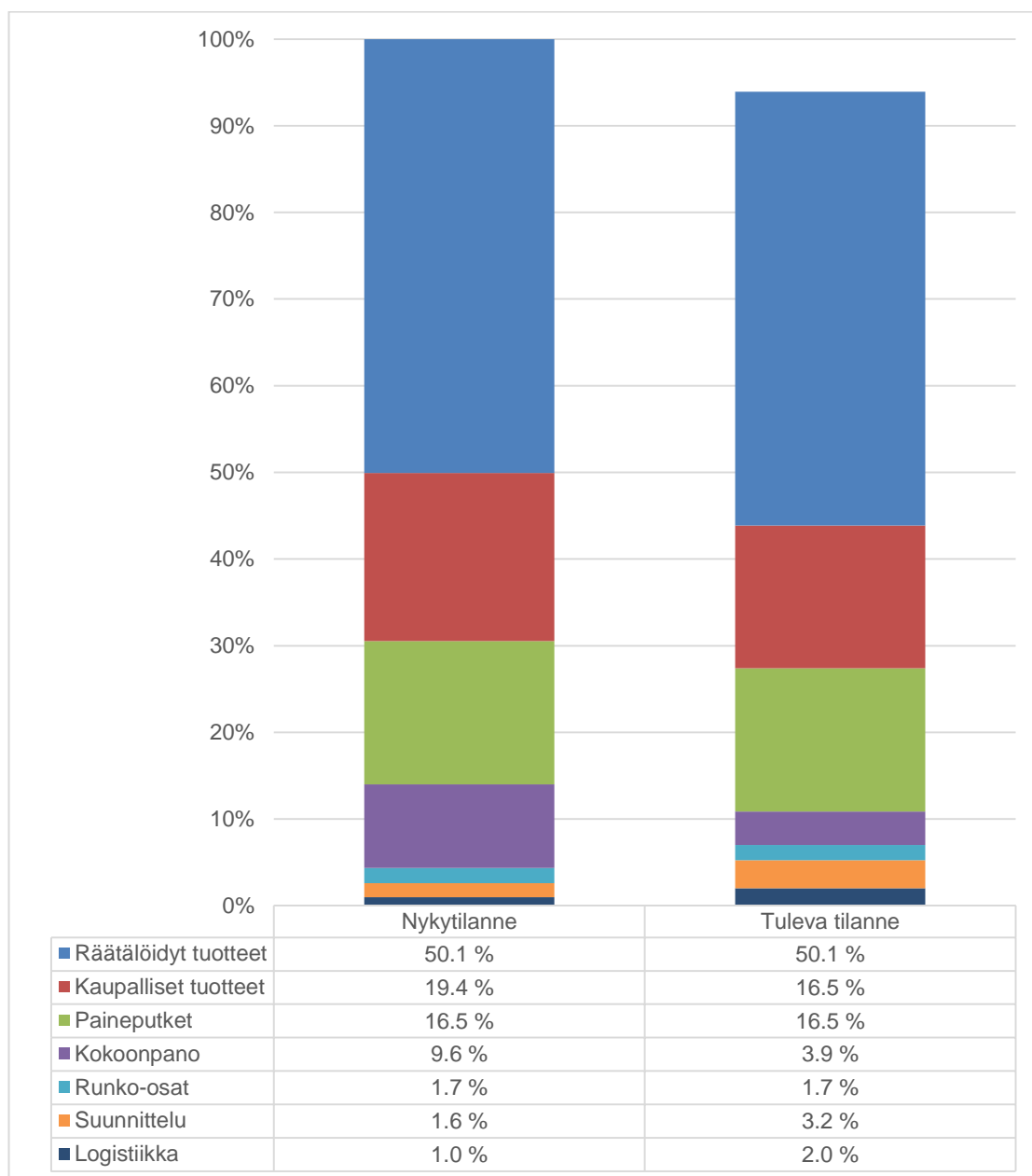
Suunnittelun osuus kasvaisi, koska toimittajien määrän kasvu monimutkistaisi tavaroiden toimitusta ja kasvattaisi työmäärää Maillefer Extrusion Oy:n puolella. Arvioidaan suunnittelukustannusten tuplaantuvan.

Runko-osien kohdalla pysyttäisiin nykyisessä toimittajassa, koska sen osuus kokonaiskustannuksista on pieni, ja jos löydetäisiin halvempi valmistaja halpakustannemaasta, kustannusvähennys olisi hyvin marginaalista.

Logistiikan kustannukset kasvaisivat suhteessa aikaisempaan paljonkin. Paineastioiden lähettäminen vaatisi tarkempaa kuljetusta ja kaupallisten tuotteiden erillistä kuljetusta.

Toimitus kokoonpanoyritykseen olisi edullisimmillaan, jos paineastiat ja kaupalliset tuotteet saataisiin vietyä samalla lähetyksellä. Oletetaan, että kuljetuskustannukset tuplaantuisivat.

Näillä keinoilla saatiin aikaisesti seuraavat kuvan 18 mukaiset kuvaajat. Kuvaajissa verrataan nykytilannetta suhteessa mahdolliseen uuteen hankintastrategiaan.



Kuva 17. Diagrammeissa on verrattu NCS-yksikön nykyisen ja tulevan tilanteen kustannuksien suhdetta toisiinsa. Tulevan tilanteen prosentit saadaan, kun verrataan osakustannusta nykytilanteen kokonaiskustannukseen (100 %), jolloin diagrammeista saadaan näkymään kokonaiskustannuksen muutos. Tulevan tilanteen diagrammi ei siis ole kyseisen tilanteen kustannusjakauma vaan vertailu nykytilanteen kustannuksiin.

## 9 Yhteenveto

Tavoitteena oli vähentää NCS-yksikön hankintakustannuksia. NCS-yksikön kokonaiskustannuksista saataisiin vähennettyä noin 6 %, jos siirryttäisiin hankintastrategiaan, jossa osien tuotanto ja koneikon kokoonpano on jaettu eri yrityksille. Kustannussäästö on kovin marginaalinen. Todellisuudessa tulisi myös huomioida mahdolliset välilliset kulut, jolloin kustannusero saattaisi olla vieläkin pienempi. Hankintakustannusten vähentämiseen on mahdollisuuksia, mutta ovatko ne tarpeeksi houkuttelevia?

Nykyisessä tilanteessa on riskinä yhteen toimittajaan turvautuminen, mikä mahdollisten toimitusongelmien sattuessa toisi ongelmia koneikon tilauksiin. Toimitusten riskien vähentäminen olisi tässä tilanteessa varteen otettava vaihtoehto. Nykyisen toimittajan lisäksi etsittäisiin vastaavanlainen paineastiayritys, jolloin toimitusongelmien sattuessa Maillefer Extrusion Oy voisi turvautua kahteen toimittajaan toimitusriskien vähentämiseksi.

Jatkotutkimuksissa tulisi tutkia syvemmin PED-direktiivin vaikutusta NCS-yksikön, sekä muiden Maillefer Extrusion Oy:n painelaitteiden, valmistukseen, koska tässä insinöörityössä käsiteltiin vain pintaraapaisu direktiivin vaikutuksista. Direktiivin pohjalta voitaisiin muun muassa tutkia yksikön materiaalivalintoja ja ainepaksuuksia.

## Lähteet

- 1 Nitrogen circulation system NCS. 2015. Verkkodokumentti. Maillefer Extrusion Oy. <[https://www.maillefer.net/tmp/Z7CTaA49FXO4NJ/NitrogenCirculationSystemNCSCCV-Maillefer\\_2017-04-10.pdf](https://www.maillefer.net/tmp/Z7CTaA49FXO4NJ/NitrogenCirculationSystemNCSCCV-Maillefer_2017-04-10.pdf)>. Luettu 10.4.2017.
- 2 Suomi, Mika. 2010. *Kosketussuojan poikkipinnanvaikutus 60 - 400 kV suurjännitekaapelin kuormitettavuuteen*. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 3 Huotari, Pekka. 1983. *Voimakaapelin vulkanointiprosessin mallinnus*. Lisensiaattityö. Tampereen Teknillinen Korkeakoulu, Sähkötekniikan osasto.
- 4 Yrjölä, Pekka. 2009. *Kaapelinvalmistuslinjan putkistonsuunnittelun kehittäminen*. Diplomityö. Helsingin Teknillinen Korkeakoulu.
- 5 High Voltage Cables -esite. 11/2006. Oy Prysmian Cables and Systems Ab.
- 6 Anders, George J. 1997. *Rating of electric power cables*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York.
- 7 Paineastidirektiivi. 2016. PED 2017/68/EU. European Commission.
- 8 Intranet-tiedosto. 2017. PowerPoint -esitys. Maillefer Extrusion Oy.
- 9 Yrityksen sisäinen dokumentti. 2017. Maillefer Extrusion Oy.
- 10 Maillefer Extrusion Oy. 2017. Verkkoaineisto. <<https://www.maillefer.net/en/our-story/>>. Luettu 13.11.2017.

# Esimerkkikuva vulkanointilinjasta

